

УДК 537.7

М.Г. Цілінко,
кандидат педагогічних наук, професор;
М.В. Федьович,
старший викладач;
В.Л. Рудницький,
асистент
(Житомирський педуніверситет)

ЕЛЕКТРОННИЙ ПІКОФАРАДОМЕТР В НАВЧАЛЬНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ

У статті розглянуто питання використання електронного пікофарадометра у навчальному фізичному експерименті. Запропоновано прилад власної конструкції для вимірювання ємності. Розглянуто приклади використання приладу при вивченні фізики.

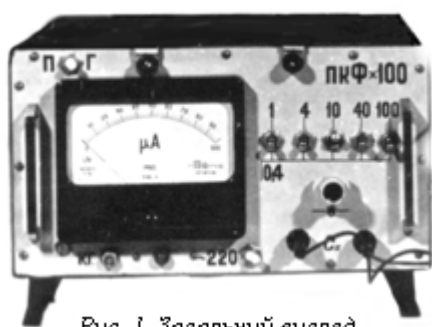


Рис. 1. Загальний вигляд.

Балістичний метод вимірювання ємності є досить наочним і корисним, особливо при введенні поняття “ємність”. Однак він потребує значної кількості часу; тому там, де треба встановити певні закономірності, він незручний. Останнім часом відчувається тенденція до прямих вимірювань фізичних величин у навчальному лабораторно-демонстраційному експерименті.

Використовуючи досить поширену мікросхему “Операційний інтегральний підсилювач К140УД8А”, ми створили чутливий до ємності прилад - пікофарадометр. Досліди, що проводяться з приладом, ефективні і переконливі. Схему пікофарадометра подано на рис. 1. Силовий трансформатор типу ТС-12-1 або ТС-14-2. Діодами VD1 і VD2 здійснюється випрямлення з

подвоєнням напруги. На стабілотронах VD3 і VD4 отримується стабілізована напруга +9В і -9В, яка використовується для живлення мікросхеми. Тумблери SA3 - SA7 вмикають 5 діапазонів вимірювання ємності: 0...100, 0...400, 0...1000, 0...4000 і 0...10000 пкф. Діапазон 0...40 пкф працює, коли всі тумблери розімкнені. На передній панелі (рис.2) біля відповідних тумблерів вказані числа, що визначають розширення шкали, тобто множники 1;4;10;40;100 та загальним множником на 100. Прилад градуують, використовуючи конденсатори відомої ємності. Щоб запобігти впливу ємності підвідних провідників, спочатку приєднують підвідні провідники і змінним резистором R8 прилад встановлюють на нуль, а потім приєднують конденсатор. Прилад працює на принципі вимірювання середнього струму розряду конденсатора. Діод VD5 здійснює однопівперіодне випрямлення і на резисторі R3 отримується однопівперіодна пульсуюча напруга. Стабілотроном VD5 синусоїдальна напруга перетворюється в П-подібну. В перший півперіод змінного струму конденсатор CX через діод VD6 заряджається до напруги 9В. У другий півперіод через резистори R4, R3, R5 він розряджається. Середня напруга за період на резисторі R5 буде прямо пропорційна ємності конденсатора, а тому шкала приладу в пікофарадах буде лі-

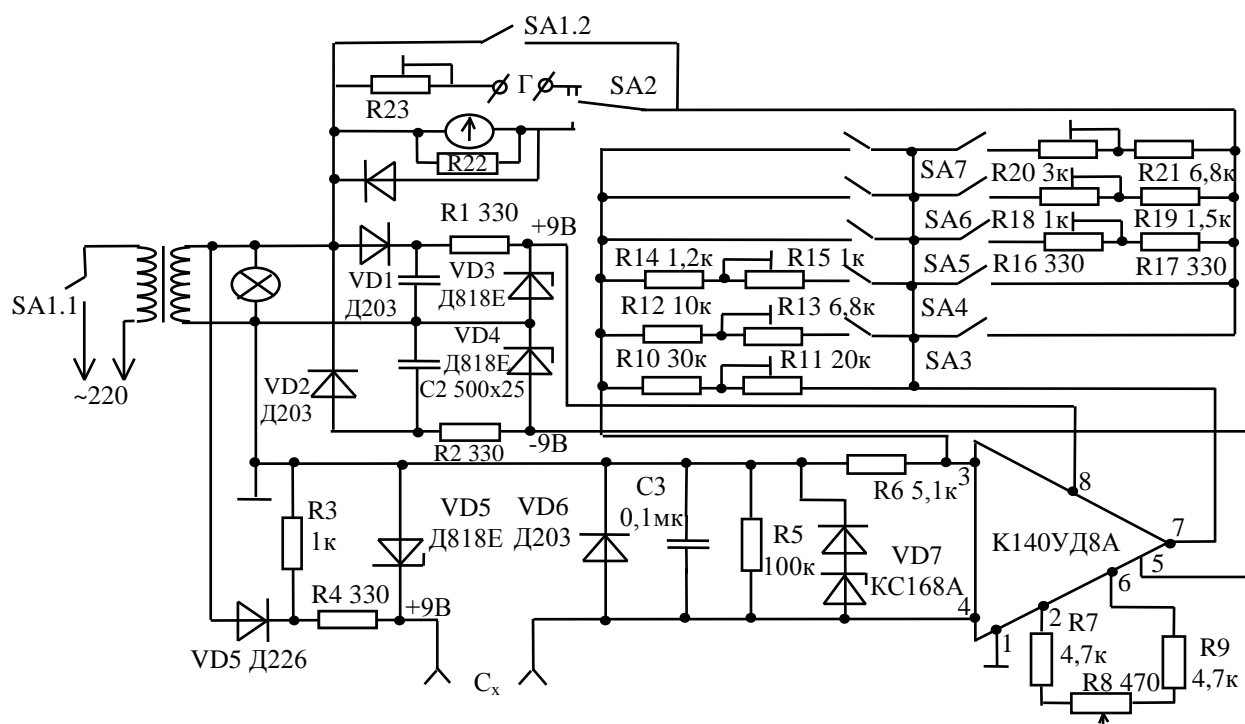


Рис. 2. Принципова схема пікофарадометра.

нійною, що дуже важливо при його градуванні.

Використання пікофарадометра можливе як і в лабораторному практикумі, так і в демонстраційному експерименті. Розглянемо декілька прикладів використання приладу.

Демонстраційний експеримент

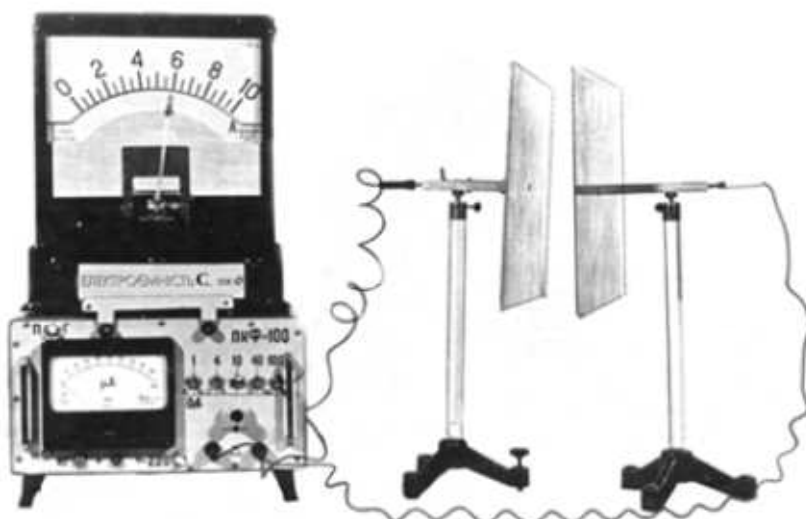


Рис. 3. Вимірювання ємності паралельного конденсатора з діелектриком

1. Плоский конденсатор.

Два диски з листового алюмінію радіусом 10 см або прямокутники 10X20 см закріплюють на ізоляційних штативах. Провідники, що йдуть від дисків, приєднують до клем C_x (рис. 3). Вимірюють ємність при різних відстанях між дисками і різних площах їх перекриття, з діелектриком і без нього. Роблять відповідні висновки про залежність електричної ємності плоского конденсатора від відстані між пластинами, площі перекриття пластин і наявності діелектрика (діелектричної сталюї).

Ця демонстрація дозволяє з мінімальними витратами навчального часу ввести емпіричну формулу для обчислення ємності плоского конденсатора. В залежності від типу класу демонстрація може бути проведена до початку пояснення нового матеріалу (проблемний урок) або після подання нового матеріалу як закріплення та узагальнення знань, одержаних учнями на уроці.

2. Конденсатор змінної ємності.

До клем C_x приєднують шкільний демонстраційний конденсатор змінної ємності (рис. 4). Показують, що його ємність змінюється в межах 50...800 пФ. Під час демонстрації необхідно зупинитися в крайніх положеннях (пластини повністю перекриваються, пластини зовсім не перекриваються), а також звернути увагу учнів (студентів) на зміну показів приладу в проміжних положеннях конденсатора. Зробити відповідні висновки.

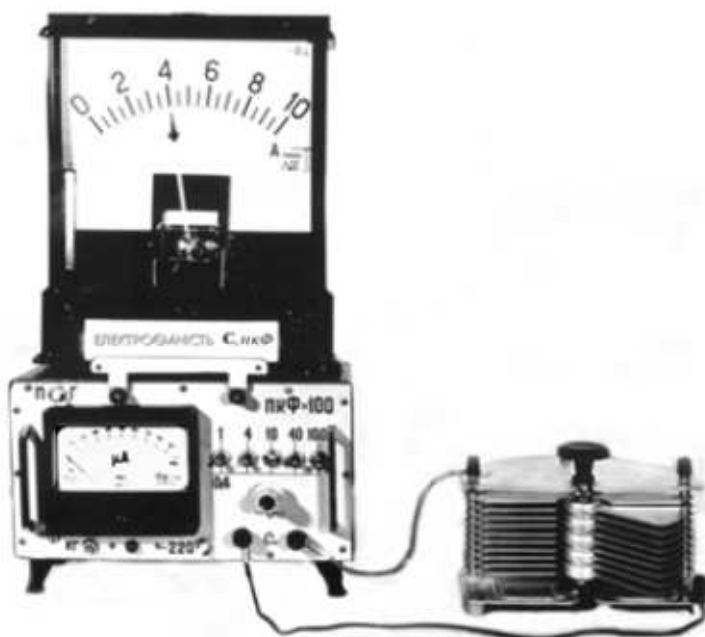


Рис. 4. Вимірювання ємності змінного конденсатора

Лабораторний практикум**1. Обчислення та вимірювання ємності плоского конденсатора.**

Учні визначають площу пластин та відстань між ними. Обчислюють ємність. Вимірюють ємність пікофарадометром. Порівнюють результати обчислень і вимірювань, заносять їх до таблиці:

ОБЧИСЛЕНА ЄМНІСТЬ			Виміряна ємність C_{ϕ}	Розходження Значень $\Delta = \frac{C_p - C_{\phi}}{C_p} \cdot 100\%$
Площа пластини $S, \text{м}^2$	Відстань між пластинами $d, \text{м}$	Ємність конденсатора C_p, Φ		

2. Обчислення та вимірювання ємності конденсатора змінної ємності.

У радіотехніці широко використовують конденсатори змінної ємності. Зміну ємності найчастіше здійснюють шляхом зміни площі перекриття пластини.

Учні ознайомлюються з будовою і дією шкільного конденсатора змінної ємності. Вимірюють площу пластини, середню відстань між пластинами, кількість рухомих і нерухомих пластин. На основі цих вимірювань обчислюють максимальну ємність. Вимірюють максимальну та мінімальну ємності. Спостерігають зміну ємності конденсатора при обертанні ротора. Розміщення приладів показано на рис. 4. Результати обчислень і вимірювань заносять до таблиці.

ОБЧИСЛЕНА ЄМНІСТЬ					Виміряна ємність C_{ϕ}	Розходження значень $\Delta = \frac{C_m - C_{\phi}}{C_m} \cdot 100\%$
Площа пла- стини $S, \text{м}^2$	Середня відстань між пластинами $d, \text{м}$	Кількість нерухомих пластин N_1	Кількість рухомих пластин N_2	Максималь- на ємність конденсатора C_m, Φ		

3. Визначення діелектричної проникності скла.

Діелектричну проникність скла можна визначити, якщо виміряти ємність плоского конденсатора без діелектрика (нехай вона дорівнює C_0). Виміряти ємність конденсатора, якщо простір між його обкладками повністю заповнити досліджуванним діелектриком (нехай вона дорівнює C). Діелектрична проникність буде

$$\varepsilon = \frac{C}{C_0}. \quad (1)$$

Якщо товщина діелектрика менша від відстані між пластинами конденсатора, то діелектрична проникність

$$\varepsilon = \frac{Cd_1}{C_0d - C(d - d_1)}, \quad (2)$$

де C - ємність конденсатора при наявності діелектрика; d_1 - товщина діелектрика; C_0 - ємність конденсатора без діелектрика (виміряна раніше); d - відстань між пластинами.

У випадку, коли $d_1 = d$, $\varepsilon = \frac{C}{C_0}$.

Вимірюють відстань між пластинами конденсатора і товщину діелектрика. Приєднують конденсатор до пікофарадометра і вимірюють ємність. Вводять діелектрик (*листова скло*) у простір між пластинами і вимірюють ємність.

Результати вимірювань та обчислень заносять до таблиці:

Відстань між пластинами кон- денсатора $D, \text{м}$	Товщина діе- лектрика $d_1, \text{м}$	Ємність конден- сатора без діелект- рика C_0, Φ	Ємність конденсатора при наявності діелектрика C, Φ	Діелектрична про- никність $\varepsilon = \frac{C}{C_0}$
---	---	---	--	--

Розглянуті вище роботи лабораторного практикуму і демонстрації доводять методичну правомірність прямих вимірювань ємності. Запропонований нами прилад дає можливість проводити такі вимірювання з достатньою точністю. Використання електронного пікофарадометра у навчальному фізичному експерименті дозволяє підвищити ефективність введення та закріплення поняття ємності.

Матеріал надійшов до редакції 05.07.99.

Целинко М.Г., Федьович Н.В., Рудницкий В.Л. Электронный пикофарадометр в учебном эксперименте.

В статье рассмотрен вопрос использования электронного пикофарадометра в учебном эксперименте. Предложен прибор собственной конструкции для измерения электроемкости. Рассмотрены примеры применения прибора в школе.

Tsilynko M.H., Fedyovych M.V., Rudnitsky V.L. Electronic Picofaradmeter in an Instructional Experiment.

Application of the electronic picofaradmeter in an instructional experiment is considered. The authors offer an original device for electrocapacity measurement and give examples of its application at school.